

Pohnime rozumom! – 15. časť

Telo – inšpirácia pre mozog

MVDr. Peter HOLAKOVSKÝ
Veľký Šariš

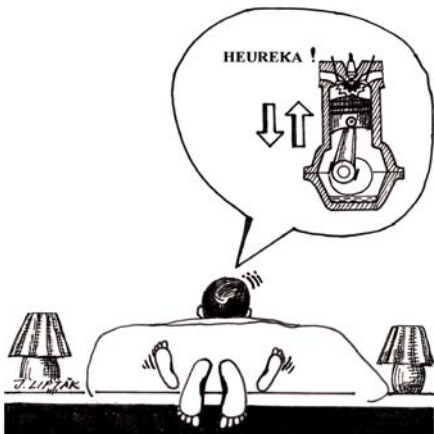
Ing. Štefan HOLAKOVSKÝ
patentová a známková kancelária GENIUM, Bratislava

„Všetko v mojom tele je prostriedkom a cieľom, všetko je plné pružín, kladiek, hybných síl, hydraulických mechanizmov, rovnováhy kvapalín, chemických laboratórií.“
(Voltaire)

Keď si uvedomíme, že francúzsky filozof, historik, básnik a dramatik Voltaire (vlastným menom Francois-Marie Aroet) žil v rokoch 1694 – 1778, musíme s údivom priznať, že jeho citovaná myšlienka predbehla formálny vznik bioniky ako vedného odboru o dve storočia. Pojem **bionika** začal používať americký vedec Jack Stil v roku 1958 a oficiálne bol uznaný v roku 1960 na I. národnom sympóziu o technickej bionike v Dightone (USA)¹.

V predchádzajúcich častiach nášho seriálu sme sa v širších súvislostiach pokúsili priblížiť, ako **príroda inšpirovala ľudí** pri riešení technických problémov. Ale ľudia nenachádzajú inšpiráciu iba v prírode, ktorá ich obklopuje. Veľa zaujímavých a inšpirujúcich „konštrukčných riešení“ použila príroda aj pri vývoji ľudského druhu.

Pre človeka je jeho telo veľmi zaujímavým objektom skúmania (začína ho „skúmať“ už pár dní po narodení), a to nielen ako vzor na riešenie technických problémov v rôznych oblastiach ľudskej činnosti.



Autor: J. Lipták

Aj samotné ľudské telo občas potrebuje (technickou rečou povedané) „údržbu a opravy“ pri poruchách, ktoré vznikli buď vonkajším vplyvom, opotrebovaním, alebo „konštrukčnými“ nedostatkami. Bežne sa tomu hovorí liečba.

Človek sa od nepamäti, viac-menej úspešne, snažil riešiť svoje zdravotné problémy. Spočiatku si však musel vystačiť iba s prostriedkami, ktoré mu už hotové poskytovala príroda. Boli to predovšetkým bylinky, ale aj iné produkty alebo časti rastlín, prípadne živočíchov. Aj napriek tomu, že sa v súčasnosti už vyrába veľa rôznych látok s liečivými účinkami, niektoré sa doteraz získavajú priamo z prírodných zdrojov. Na druhej strane, farmaceutický priemysel vie vyrobiť aj také terapeuticky účinné látky, ktoré sa v prírode bežne alebo vôbec nevyskytujú. Podobne tomu bolo aj v oblasti lekárskeho nástrojov, prístrojov a zariadení. Prví „chirurgovia“ boli odkázaní napríklad na trne (namiesto ihiel) a kamenné nože (namiesto skalpelov). V súčasnosti sa vývojom a výrobou lekárskeho nástrojov a prístrojov zaoberá viacero odvetví.

Ako sme už uviedli, aj ľudské **telo bolo a je zdrojom inšpirácie** pri riešení technických problémov. Je logické, že technické riešenia začal človek spätne využívať i pri riešení problémov vlastného tela. Súčasná medicína by bez pomoci stále zdokonaľovaných technických prostriedkov a postupov nemohla napredovať.

Predtým, ako ďalej rozvineme túto tému, je potrebné spresniť niektoré pojmy. Už pri samotnej príprave podkladov pre tento článok sme totiž narazili na rozdielnosť názoro-

rov (medzi autormi tohto článku, ale najmä autormi iných publikácií), kde vlastne začínajú, no najmä kde končia pomyselné hranice bioniky. Napokon musíme konštatovať, že pohľad na bioniku silne ovplyvňuje odborná špecializácia konkrétneho subjektu. Človek s technickým vzdelaním vidí v bionike viac techniku a človek so zameraním na prírodné vedy predovšetkým prírodu a biológiu.

Viacere **pokusy o definovanie pojmu bionika** sme spomenuli už v predošlých pokračovaniach. Zdá sa, že postupom času sa hranice tohto pojmu posúvajú do ďalších a ďalších oblastí výskumu, vedy, techniky, vzdelávania... Pri aktualizovaní obsahu a rozsahu pojmu bionika si znova pomôžeme citovaním ďalších aktuálne súvisiacich informácií.

Online slovník cudzích slov slovo bionika definuje takto: „**Bionika** - odbor využívajúci znalosť stavby a funkcie živých organizmov na riešenie technických problémov.“²

Od čias, keď bola bionika takto definovaná, prešla dynamickým vývojom. Aj niektoré súčasné pramene ju charakterizujú ako **interdisciplinárne dynamicky sa rozvíjajúce vedné odvetvie**:

Wikipédia (česká verzia) v súvislosti s bionikou uvádza:

„Hlavnou náplňou bioniky je vytvoriť veľmi úzku vzájomnú väzbu medzi biológiou a technikou s prirodzenou väzbou na ďalšie hraničné odbory biológie. Táto vzájomná väzba umožňuje jednak pomocou biológie a jej príbuzných vedných disciplín vývoj v technických vedách, ale aj využitím inžinierskych metód a postupov pokrok vo ve-

¹ LEBEDEV, J. S.: *Architektúra a bionika*. Bratislava : Alfa, 1982.

² <http://slovníkcudzích slov.eu/slovo/bionika>

dách biologických. Bionika má teda umožňovať predovšetkým úzky vzájomný kontakt pri poznávaní zákonitostí živej a neživej prírody a zabezpečiť obojstranne výhodné využitie výsledkov tohto výskumu. Dnes sa sústreďuje predovšetkým na štúdium živých štruktúr a procesov prebiehajúcich v týchto štruktúrach, ako na podnety pre budúce technické aplikácie. Takto získané poznatky systematicky zhromažďuje a využíva ich v priemyselnej výrobe buď formou nových výrobných procesov, alebo priamo prostredníctvom nových konkrétnych výrobkov.³

Pri pátraní po hraniciach bioniky sme zistili, že táto vedná disciplína sa už vyučuje aj na niekoľkých vysokých školách. Sami sme boli prekvapení rozsahom učiva tohto predmetu.

Uvedme príklady:

Mendelova univerzita v Brne

„Syllabus predmetu BION – Bionika

1. Úvod do štúdia bioniky, vznik a vývoj vednej disciplíny
2. Všeobecná bionika, predmet štúdia a členenie vedného odboru, metodológia, súvisiace a príslušné odbory
3. Hlavné smery bioniky, Štruktúrna bionika, Bionika informačná, Neurobionika, Energobionika, Chemobionika
4. Perspektívne zameranie, Biotoky a dial'kové riadenie, Lokácia a navigácia
5. Agrobionika, Členenie agrobioniky, Pohybové mechanizmy, Bionické rozpoznávanie a videnie, Bionické vnímanie a analýza pachov, Bionické riadenie podmienok prostredia, Fytobionika, Zoobionika
6. Bionika stavieb a ich technologických zariadení
7. Bionika systémov⁴

Technická univerzita v Košiciach, Katedra biomedicínskeho inžinierstva, automatizácie a merania vo svojich študijných programoch Protetika a ortotika v študijnom odbore 5.2.47 Biomedicínske inžinierstvo uvádza: „**Bionika** a biomechanika, predstavuje užšie orientovanú oblasť biomedicínskeho inžinierstva.⁵

České vysoké učení technické v Prahe, Fakulta biomedicínskeho inžinierstva

Bionika

- „1. Úvod
2. Ľudský organizmus ako systém
3. Genetika a fyziologický systém
4. Zmysly: sluch a zrak
5. Výstupné jednotky: kostra a svaly
6. Systém látkovej výmeny.⁶

Ústav biomedicínskeho inžinierstva, Fakulta elektrotechniky a komunikačných technológií, Vysoké učení technické v Brne Bionika

Doc. Ing. Jiří Holčík, CSc.

„**Najlepšou cestou ako môže technik porozumieť lekárovi je poznať funkciu ľudského organizmu** zo svojho, t. j. technického hľadiska. Navyše tieto znalosti je možné využiť aj ako inšpiráciu pri riešení niektorých technických úloh (klasifikácia a rozpoznávanie, strojové učenie alebo optimalizačné úlohy, konštrukcie umelých náhrad nefunkčných telesných orgánov atď.). Svojím zameraním je predmet určený nielen študentom špecializácie Biomedicínske inžinierstvo.

Z obsahu: **Bionika** – základné pojmy a princípy. Substitútna medicína. Ľudský organizmus ako systém – adaptácia, homeostáza, regulácia živých organizmov, biologická spätná väzba. Informačný a riadiaci subsystém ľudského organizmu. Základy genetiky. Genetické algoritmy. Endokrinný systém. Nervová sústava (NS – poznámka autorov) – elektrické vlastnosti, meranie kvality činnosti NS, vzťah NS a umelých neurónových sietí. Vstupné a výstupné jednotky – zmyslové orgány, motorické jednotky. Sluch – princípy činnosti, merania kvality činnosti, náhrady. Zrak – princípy činnosti, meranie kvality činnosti, náhrady. Kostrové svalstvo – princípy a meranie kvality činnosti EMG (elektromyografia), náhrady. Kardiovaskulárny systém – hemodynamika, elektrické vlastnosti, EKG.⁷

Aký názor má na bioniku slovenská Akreditačná komisia?

Akreditačná komisia – poradný orgán vlády slovenskej republiky vo svojom materiáli „Zásady akreditačnej komisie na posudzovanie spôsobilosti fakúlt“ okrem iného uvádza:

„**Bionika** a biomechanika má interdisciplinárny charakter a patrí v súčasnosti

k najdynamickejšie sa rozvíjajúcim vedným odborom. Prispieva k riešeniu závažných problémov relevantných pre ľudské zdravie a významne prispieva k rozvoju moderných technických odborov: informatizácia spoločnosti, výpočtová technika a lekárska elektronika.

Bionika je vedný odbor, ktorý sa zaoberá využívaním znalostí o podstate a priebehu biologických dejov k riešeniu analogických problémov v technike, predovšetkým v oblasti prenosu a spracovania informácií, v oblasti riadenia a ich aplikácií, pri navrhovaní rôznych typov riadiacich a informačných systémov na účely vedy a praxe.

Bionika sa tiež zaoberá neživými sústavami, ktorých charakteristiky sú podobné ako u živých sústav. Moderná bionika rieši problémy lekárskej elektroniky, automatizovaných meracích a monitorovacích systémov, zaoberá sa problémami zobrazovania (tomografie), spracovania medicínskych obrázkov, počítačového modelovania biologických objektov a štruktúr, výskumom senzorickej systémov, neurónových sietí, umelej inteligencie a biometriky.⁸

Na základe uvedených skutočností je zrejmé, že oblasti, v ktorých sa **bionika** využíva, nie je možné presne vymedziť. Je to intenzívne sa rozvíjajúci vedný odbor, ktorý **zasahuje skoro do každej oblasti**. Aj konštruovanie rôznych lekárskeho nástrojov, prístrojov, telových náhrad a pomôcok nevybočuje z témy bionika. Veď každý takto zameraný vedec, výskumník, konštruktér musí v prvom rade poznať princíp fungovania orgánov ľudského tela, aby mohol navrhnúť užitočné technické riešenie problému.

Veľmi dôležitým, ak nie najdôležitejším (a zároveň aj veľmi chúlolistivým) orgánom ľudského tela je mozog. Na jeho ochranu príroda „skonštruovala“ dômyselnú schránku – lebku.

Lebka - obdivuhodné dielo prírody

Ešte ako malý chlapec (Š. H.) som bol svedkom toho, ako pri stavbe domu vypadlo murárovi kladivo z výšky asi 5 metrov a dopadlo na hlavu jeho pomocníka, ktorý mu zdola hádzal tehly. Ten najprv „šťavnato“ zanaďával, potom zodvihol zo zeme čiapku, ktorá mu padla, pošúchal si hlavu, nasadil čiapku, vyhodil murárovi kladivo a pokračoval v práci. Ja som stál a neveril vlastným očiam...

3 <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bionika>

4 <http://is.mendelu.cz/katalog/syllabus.pl?predmet=46364;zpet=..%2Fpracoviste%2Fpredmety.pl%3Fid%3D24;lang=sk>

5 <http://web.tuke.sk/sjf-kbiaam/protetika.html>

6 <http://www.fbmi.cvut.cz/bionika>

7 <http://www.dbme.feec.vutbr.cz/ubmi/download/PRIR03old.pdf>

8 <http://www.akredkom.sk/isac/public/odbory/4/4.2/4.2.11.doc>

Asi pred pätnástimi rokmi som pri čelnej zrážke automobilov (ako spolujazdec sediaci vedľa vodiča) hlavou prerazil predné sklo. O to viac ma zaujal **ukážkový popis lebky z pohľadu bionika** J. S. Lebedeva⁹:

„Plášte živej prírody sú zaujímavé nielen z hľadiska geometrie formy v spojitosti s princípmi rozkladu napätí od zataženia. Príťažlivá je tiež komplexnosť ich vlastností. Ako príklad si vezmeme lebku človeka, alebo presnejšie, mozgovú časť lebky. Hlavnou funkciou mozgovej časti lebky je ochranná, a to ako od mechanických, tak aj od statických vplyvov (tlakových charakteru). Tvar lebky má pritom veľký význam. Mozgová časť lebky predstavuje sféroid, vytvorený (ak berieme do úvahy stredný vek človeka) z pláštá približne rovnakej hrúbky, meniaceho mierne svoje zakrivenie... Stavba kostí sa po povrchu mení od strednej časti k záhlaviu a nadočnicovým oblúkom, kde sa hrúbka kostí zväčšuje a objavujú sa v nej dutiny zaplnené vzduchom. Zvlášť životne dôležité časti mozgu sú takto dôkladne chránené, nakoľko takáto konštrukcia dobre tlmí nárazy. Je evidentné, že sa tu prejavuje aj všeobecná zákonitosť tektoniky konštrukcií plášťov. Bolo by neprirodzené, keby v plášťoch ich hrúbka narastala smerom hore, k vrcholu klenby... V porovnaní napríklad s monolitickým plášťom vajca je mozgová časť lebky „zložená“ a pozostáva z rôznych kostí. Pozoruhodné je spojenie týchto kostí, na ktoré musia upriamiť konštruktéri svoju pozornosť. Sú to spojové švy, pripomínajúce tvar meandra, vytvorené tupými ozubmi susedných kostí lebky, ktoré zapadajú do seba. Spojové švy nemajú nevyhnutnú pevnosť lebky, ale dodávajú jej na pružnosti. Pružnosť lebky je dobrým tlmiacim faktorom vo vzťahu k dynamickým zataženiam... Ak vrstvy sledujeme z vonkajšej strany dovnútra, potom prvou vrstvou je koža, ďalej šľacha, kostné tkanivo, ktoré má pórovitú stavbu, a na hranici s hmotou mozgu je priesvitný lesklý povrch (lamina vitrea). Medzi kosťou a priesvitným tkanivom prechádza deliaca vrstva, ktorá sa podobá hustému radu priehradok. Úloha týchto priehradok je špecifická: lokalizujú šírenie sa trhlin pri pomliaždení lebky v tak dôležitej vrstve, akou je vnútorná priesvitná vrstva...“

Znalosti „konštrukcie“ lebky pomohli pri navrhovaní kupolovitých stavieb, kokpitov, ale aj rôznych druhov prilieb (vojenské, motorkárske, banícke, stavbárske, cyklistické, lyžiarske...).

Protézy

Ak v minulosti prišiel človek o dôležitú časť tela a nedokázal sa sám užiť, stal sa závislým od pomoci iných. S pokrokom lekárskej vedy a za výdatnej pomoci techniky na princípe bioniky sa situácia radikálne mení. Uvedme niektoré príklady.

Nohy

Azda prvými pokusmi o technické riešenia problémov ľudského tela, na ktoré medicína ani regeneračné mechanizmy organizmu nestačili, bol vývoj a výroba protéz. **Protézy** boli spočiatku iba jednoduchou náhradou chýbajúcich orgánov, ktoré svojou funkčnosťou ďaleko zaostávali za originálmi. Väčšinou iba **esteticky maskovali zmrzačenie**. V súčasnosti už iba vo filmoch, či múzeách môžeme vidieť drevené náhrady nôh, prípadne „ruky“ s hákom namiesto prstov. Od tých čias vývoj výrazne pokročil. **Moderné bionické protézy** končatín sú nielen esteticejšie, ale v mnohých funkciách **sa začínajú približovať k originálu**. Ba dá sa povedať, že niekedy ho aj prekonajú. Zaujímavé informácie nájdete na internetových stránkach.¹⁰

Juhoafríčan Oscar Pistorius má amputované obidve nohy pod kolenom, no napriek tomu sa venuje pretekaniu v bežeckých disciplínach. Má však problém so štartom medzi zdravými bežcami. Nie preto, že je hendikepovaný, ale práve naopak. Sú obavy, že by ho jeho protézy zvýhodňovali oproti zdravým bežcom.¹¹

Aby zdraví nemuseli „závidieť“ postihnutým, nové princípy a materiály použité pri protézach sa už využívajú aj pri výrobe športového náradia. Jeden takýto produkt sa predáva pod komerčným názvom Poweriser. Sú to akési zdokonalené chodúle, skonštruované z high-tech materiálov vysokej pružnosti. Umožňujú skoky do výšky až okolo dvoch a do diaľky až päť metrov.

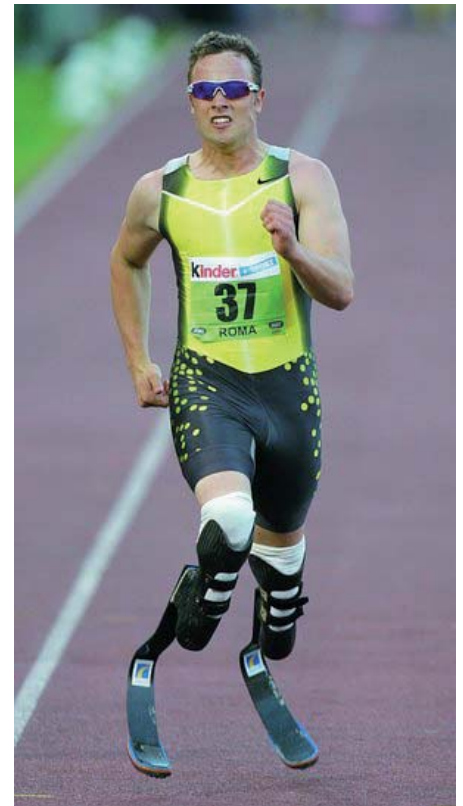


Foto: <http://www.sme.sk/c/3409267/bezec-bez-noh-vylakal-atleticky-svet.html>

Skúsený skokan s nimi **dokáže preskočiť aj osobné auto**. Pri behu je schopný dosiahnuť rýchlosť približujúcu sa 40 km za hodinu. Galériu fotografií a videí o tomto športovom náradí si môžete podrobnejšie pozrieť na internete.¹²



Foto: <http://www.originalpoweriser.co.uk/poweriser-gallery.php>

9 LEBEDEV, J. S.: *Architektúra a bionika*. Bratislava : Alfa, 1982.

10 <http://vademezum-zdravi.cz/bionicka-proteza-vraci-zivot/>

http://www.lidovky.cz/bionicka-ruka-na-prodej-07w-/ln_veda.asp?c=A080611_090855_ln_veda_fho

<http://www.ossur.cz/Bionika>

11 <http://sport.aktuality.sk/clanok/46516/beznohy-rebel-tuzi-po-olympijskych-hrach/>

12 <http://www.originalpoweriser.co.uk/poweriser-gallery.php>

Peknú ukážku toho, ako **tvorivé nápady dokážu predbehnúť dobu** o desaťročia (niekedy aj stáročia), vidíme na dvoch nasledujúcich obrázkoch. Na prvý pohľad by sa mohlo zdať, že na ľavom obrázku je zrealizované technické riešenie z praveho obrázka. Nápad znázornený na pravom obrázku však vznikol (na danú dobu iste ako kuriózný nápad) približne sto rokov (v roku 1912) pred skonštruovaním bionického odevu HAL znázorneného na fotografii vľavo. Na obrázku vpravo je tzv. „**horské stúpadlo**“ zverejnené v knihe Zneuznaní Edisoni¹³, z ktorej vyberáme: „*Horské stúpadlo umožňuje teraz vystúpiť bez veľkej námahy do značnej horskej výšky aj menej schopným turistom. Stačí pripevniť si na chrbát primeraný strojček vo forme batoha a ten už na záseade pneumatiky uvádza do činnosti nožný hybostroj. Nohy samé zdvíhajú sa nečakane ľahkým spôsobom a stúpanie do výšin sa tak stáva skutočným pôžitkom.*“

Špeciálny **bionický odev HAL** na ľavom obrázku (hybrid assistive limb – hybridná pomocná končatina) je ukážkou toho, čo sa dá zrealizovať súčasnými technickými prostriedkami. „Zložitý interaktívny systém vyhodnocuje podnety snímané zo svalov pomocou senzorov pripevnených na pokožku nôh a pomôže svojmu nositeľovi pri chôdzi, stúpaní do schodov...“¹⁴ HAL 5 už dokáže pomáhať nielen nohám, ale aj rukám a trupu.

Ruky

Ruky sú nemenej potrebné končatiny ako nohy. Prostredníctvom rúk človek vykonáva väčšinu svojej manuálnej činnosti. Sú akýmsi základným manipulátorom (slovo manipulátor je odvodené z latinského manus – ruka) ľudského tela. Chýbajúca alebo silne poškodená ruka postihnutého výrazne znevýhodňuje pri jeho spoločenskom uplatnení, nielen po stránke estetickej, ale hlavne funkčnej. Vyrobit' nefunkčnú protézu podobnú ruke nie je až taký problém. Veď zruční rezbári už dávno dokázali vytvoriť z dreva sochy, skoro na nerozoznanie od živých ľudí. Ale aj s najvernejšou drevenou kópiou ruky by človek pôsobil dojmom ochrnutého. Z filmov o pirátoch vieme, že radšej uprednostnili funkčnosť pred estetikou. Namiesto pekne tvarovanej umelej ruky im stačila protéza s hákom. **Hák na konci protézy** im totiž umožňoval používať takúto ruku aspoň na niektoré základné pracovné úkony.



Batoh

obsahuje počítač a bezdrôtové sieťové pripojenie

Batérie

Akčný člen

elektromotory prevádzajú zosilnený pohyb na končatiny

Detektor uhlov

detektuje uhly bedrového a kolenného kĺbu a členka

Bioelektrické senzory

pripojené ku koži detekujú nervové impulzy vysielané mozgom do svalov, signály sa spracujú v počítači a privádzajú sa do akčných členov

Senzor detekujúci ťažisko

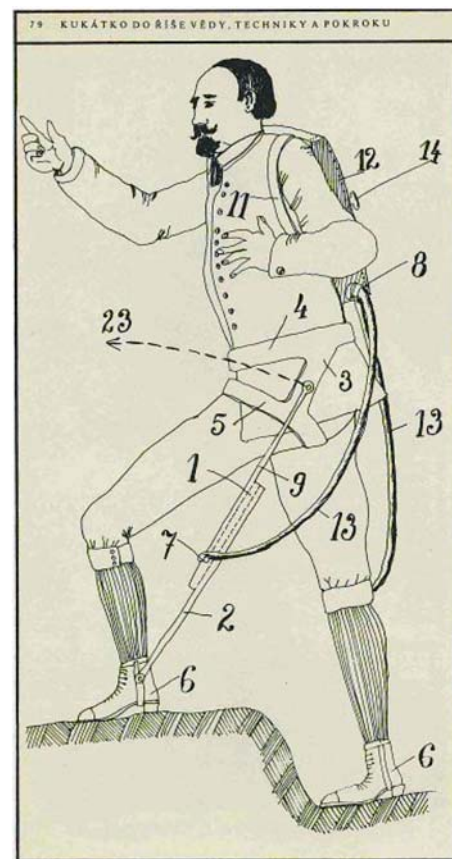


Foto: <http://www.zive.sk/spravy/vrcholnym-dielom-bioniky-su-sedemmilove-cizmy/-sc-30-a-262615/default.aspx>

Azda prvým pokusom vytvoriť protézu, ktorá by bola nielen estetickým doplnkom, ale aj funkčnou náhradou chýbajúcej ruky, je **železná ruka rytiera Götza**. Nemecký rytier Götz von Berlichinger (1480 – 1562), ktorý v bojach prišiel o ruku, si dal zhotoviť neobvyklú železnú protézu.¹⁵

Táto protéza slúžila nielen na maskovanie jeho postihnutia, ale údajne mu umožňovala aj udržať v nej meč a bojovať. (Ťažko

uveriteľné, ale železná ruka je vystavená v múzeu kláštora Schöntal – pozn. autorov.)

Napriek dômyselnosti majstrov, ktorí vyrobili železnú ruku pre rytiera Götza, ich výtvor sa súčasným protézam ani zďaleka nevyrovná. Použitie moderných materiálov už dávnejšie umožňuje takmer na nerozoznanie napodobniť ľudskú kožu. Ale oveľa väčší pokrok sa dosiahol pri vylepšovaní funkčnosti takejto náhrady.



Foto: http://houfy.webzdarma.cz/mainpage_soubory/vzpominame/-berlichingen.htm

13 CIRKL, J.: Zneuznaní Edisoni. Praha : Svoboda, 1979 (obrázky Kabát, V., Kopřiva, M.).

14 <http://www.zive.sk/spravy/vrcholnym-dielom-bioniky-su-sedemmilove-cizmy/-sc-30-a-262615/default.aspx>

15 http://houfy.webzdarma.cz/mainpage_soubory/vzpominame/berlichingen.htm



Foto: <http://plus7dni.pluska.sk/plus7dni/zdravie/pokrok-v-protetike.html>
<http://tvnoviny.sk/spravy/novinka-ako-vyzera-hra-na-klavir-pomocou-specialnych-protéz.html?ar=>

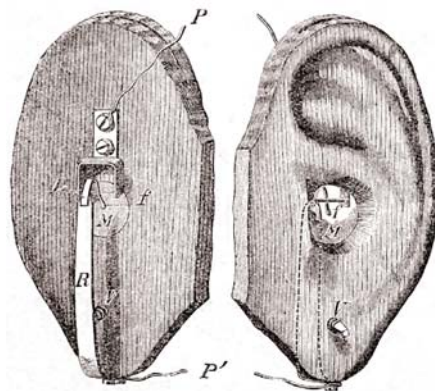
Bývalá námorníčka, dvadsaťšesťročná Claudia Mitchellová prišla o pažu pri nehode na motorke. **Pomocou protézy** s technikou zvanou cieleňá svalová reinervácia **dokáže vykonávať bežné domáce práce**. Táto protéza má snímače elektrických impulzov zo svalových zakončení pahýľa pôvodnej končatiny, pomocou ktorých ju Claudia ovláda. Podobne aj nemenovaná klaviristka, ktorá prišla o obidve ruky, dokáže vďaka bionickým protézam nielen vykonávať bežné domáce práce, **ale aj hrať na klavíri**.¹⁶

Ucho - inšpirácia pri vynálezení telefónu?

Túžbu **dohovoriť sa na oveľa väčšie vzdialenosti**, ako nám umožnila príroda, **sa snažilo zrealizovať viacero vynálezcov** (napr.: Angličan R. Hooke, Američan C. G. Page, Talian A. Meucci a I. Manzetti, Francúz Ch. Bourseul, Američan Elisha Gray...) na základe rôznych princípov. K tým, ktorým sa to začalo dariť, patrili dvaja vynálezcovia (Johan Philipp Reis a Alexander Graham Bell), ktorí sú zaujímaví aj z hľadiska zamerania nášho článku.

Johan Philipp Reis (1834 – 1874)

Stačí letmý pohľad na obrázok¹⁷ pokusného Reisovho telefónu (na obrázku je „mikrofón“), aby nám bolo jasné, že Reis sa pokúsil vyrobiť **„elektrické ucho“**, ktoré pravdepodobne ako prvý nazval **telefón** (v roku **1860**). Jeho telefón naozaj dokázal prenášať zvuky na malú vzdialenosť. Lepšie prenášal samostatné tóny alebo hudbu, horšie to už bolo s prenosom hlasov. Bolo to spôsobené princípom „mikrofónu“, ktorý bol založený na zmene prechodového odporu nedokonalého kontaktu, ktorý sa menil v rytme zvukov pôsobiacich na membránu (**analógia bubienka v ľudskom uchu**). Na prijímacej strane telefónu bol elektromagnet (cievka navinutá na ihlicu na pletenie), ktorého chvenie jadra sa prenášalo na rezonančnú skrinku (škatuľka na cigary). Aj napriek viacerým vylepšeniam sa Reisovi nepodarilo dopracovať telefón do podoby vhodnej na praktické hromadné využívanie.



Obr. „Elektrické ucho“ Raisovho telefónu

Alexander Graham Bell (1847 – 1922).

Pri riešení technických problémov na vynálezcovskej úrovni neraz prekvapia neodborníci z oblasti, v ktorej sa nachádza problém, resp. jeho riešenie. K príkladom takýchto vynálezcov určite patrí aj vynálezca telefónu Alexander Graham Bell.

Bell sa pod vplyvom starého otca (profesor, učiteľ reči) **a otca** (profesor fyziológie rečových orgánov) zaujímal o tvorbu hlasu a jeho spracovanie v uchu. Už ako malý chlapec sa pokúsil vyrobiť hovoriaci automat. Neskôr po dôkladnom preštudovaní ľudského ucha skonšturoval zapisovač zvuku – **fonoautograf**. K membráne pripojil tenkú slamku, ktorej druhý koniec „zapisoval“ kmity na začadenom skle. O tom, že Bell bol osudovo zrastený s problémami tvorby hlasu a jeho spracovania na strane prijímateľa, svedčí aj to, že si zobral za manželku svoju bývalú nepočujúcu žiačku.

Popri Bellovej hlavnej odbornosti (**profesor fyziológie rečových orgánov**) ho zaujímal aj prenos informácií na väčšie vzdialenosti. Možno, že pri práci s hluchonemými si dokázal veľmi dobre uvedomovať potrebu dorozumievania na diaľku. (Veď ak postavíme dve zdravé osoby od seba tak ďaleko, že sa už nepočujú, spravíme z nich, z hľadiska vzájomného odovzdávania akustických informácií, vlastne hluchonemých.) Pri experimentoch s viacnásobným telegrafom sa mu (do istej miery náhodou) podarilo preniesť do vedľajšej miestnosti elektrickou cestou pár hovorených slov („Watson, pod' sem, potrebujem ťa!“), ktoré počul jeho asistent. Môžeme sa domnievať, že **znalosti „konštrukcie“ ucha mu mohli pomôcť pri návrhu telefónu**. Určite mu pomohlo aj poznanie princípov Reisovho telefónu. Podľa niektorých literárnych prameňov sa jeden z Reisových prístrojov dostal aj do Bellových rúk.

Pokúsme sa (zjednodušeným opisom) **odhaliť analógie jednotlivých dielov**, ale aj funkcie Bellovho telefónu s jednotlivými časťami ucha a jeho funkciou. Zvuk prichádza do ucha pomocou kmitajúcich molekúl vzduchu a je sústredovaný zužujúcim sa vonkajším uchom (ušnicou a zvukovodom). Kmitajúce molekuly rozkmitajú ušný bubienok, pričom amplitúda kmitov bubienka je veľmi malá. Kmity ušného bubienka sú ďalej prenášané do stredného ucha a pomocou kladivka, nákovky a strmienka zväčšujú silu pôsobiacu na oválne okienko. Od oválneho okienka sa kmity šíria tekutinou v špirálach slímáka so zvukovými

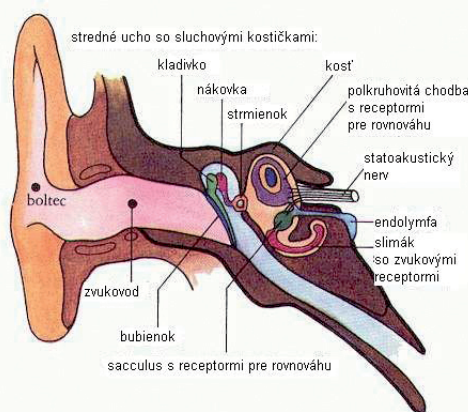
¹⁶ <http://plus7dni.pluska.sk/plus7dni/zdravie/pokrok-v-protetike.html>

<http://tvnoviny.sk/spravy/novinka-ako-vyzera-hra-na-klavir-pomocou-specialnych-protéz.html?ar=>

¹⁷ GÜTIRTH, V.: *Znásobené mysly*. Praha: Ústředné robotnické nakladatelstvo, 1943.

receptormi... Výsledkom ďalšieho spracovania je elektrický signál. Ten je nervami vedený do mozgu, ktorý ho spracuje tak, že ho vnímame ako zvuk – počujeme.

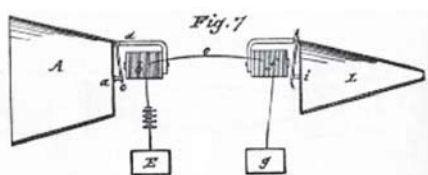
Pri pohľade na Bellov schématický **nákres telefónu** môžeme vidieť **veľa podobného s uchem**. Kuželovitá časť zvukovodu je analógiou vonkajšieho ucha a kovová membrána jasnou analógiou bubienka v uchu. Ak popustíme uzdu fantázii, môžeme cievku elektromagnetu vnímať ako labyrint vnútorného ucha. Podobne, ako v uchu, dochádza aj vo vysielacej časti telefónu k premene akustických kmitov na mechanické a potom na elektrický signál. Zaujímavé je to, že vysielacia a prijímacia časť Bellovho telefónu sú principiálne (a neskôr aj v reálnych telefónoch) rovnaké. Možno povedať, že (z hľadiska princípu) mal Bellov telefón iba slúchadlo. Keď sa doňho hovorilo, slúžilo ako mikrofón, a keď sa dalo k uchu, bolo slúchadlom. Pri praktickom telefonovaní boli s takýmito telefónmi problémy, lebo bolo potrebné podľa situácie prikladať telefón (slúchadlo) buď k uchu, alebo k ústam. Neskôr sa používali na každej strane dve takéto slúchadlá (jedno k ústam, druhé k uchu). O vynájdenie mikrofónu sa pričínili viacero ďalších vynálezcov, medzi ktorými bol aj **T. A. Edison**. Na originálnom Bellovom náčrtku stojí za pozornosť, že Bell už vtedy uvažoval o prepojení telefónov iba **jedným elektrickým vodičom**. Druhým vodičom bola zem. Neskôr prišiel na to, ako prenášať zvuk na menšie vzdialenosti **aj bez vodiča**.



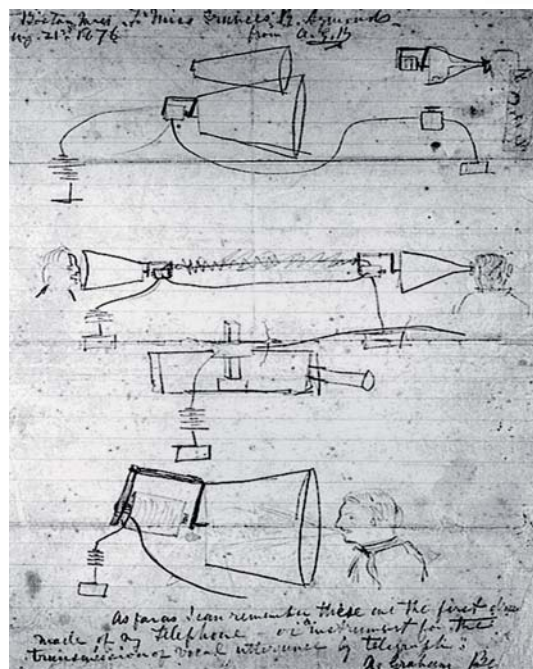
Obr. Schématický rez ucha: <http://edi.fmph.uni-ba.sk/~jaskova/IKTH/tema05/obrazky/ucho.jpg>

V roku 1880 si **dal patentovať fotofón**, ktorým prenášal zvuk (na cca 200 metrov) tak, že rečou moduloval uhol odrazu svetelných lúčov, ktoré boli na strane prijemcu elektricky premenené na kmity membrány vytvárajúcej zvuk.

Bell prihlásil vynález telefónu 14. februára 1876 a **patent USA č. 174465** mu bol udelený **7. marca 1876**. Po pár zdokonaľeniach telefón vyskúšal na vzdialenosť asi 10 km, o niečo neskôr to už bol rozhovor na 250 km. Bell vynášiel aj viacero zaujímavých zariadení (prístroj na umelú respiráciu, zariadenie na úpravu vody ...) dokonca skonštruoval aj niekoľko veľmi originálnych lietadiel, ktoré uniesli človeka.



Obr. Z patentovej listiny USA č. 174465



Obr. Bellov náčrtok telefónu

Oko

Veľmi dôležitým orgánom ľudského tela je oko. Predstava straty zraku je hrozivá. Napokon poznáme príslovie „chrániť ako oko v hlave“. Napriek tomu, že máme dve oči, aj strata iba jedného z nich dokáže človeka riadne hendikepovať. Pri pozeraní jedným okom sa znemožní priestorové videnie a človek nedokáže dobre odhadovať vzdialenosť. Aj na základe straty iba jedného oka sa človek stáva neschopným vykonávať niektoré povolania.

Poznámka: V súvislosti s chýbajúcimi orgánmi sme v predchádzajúcich kapitolách spomenuli pirátov. Piráti sú veľmi často zobrazovaní s rôznymi protézami a skoro vždy s páskou cez oko. Pásku cez oko však piráti zväčša nepoužívali na maskovanie svojej telesnej chyby. Pred prepadom inej lode ju za jasného dňa mali na oku takmer vsetci. Pri obsadzovaní cudzej lode totiž museli bojovať aj v tmavom podpalubí. Ak by tam vbehli zo slnkom zaliatej paluby bez pásky na oku, chvíľu by nevideli absolútne nič. Tá chvíľa by však stačila na to, aby ich obrancovia lode zlikvidovali. Oko zakryté tmavou páskou však mali prispôbené na tmu. Stačilo im zhodiť si pásku z oka a stali sa rovnocennými súpermi pre obrancov lode.

Prvé náhrady (protézy) oka boli iba estetického charakteru. Niektoré sa na prvý pohľad nedali rozoznať od originálu. Problém slepoty však neriešili.

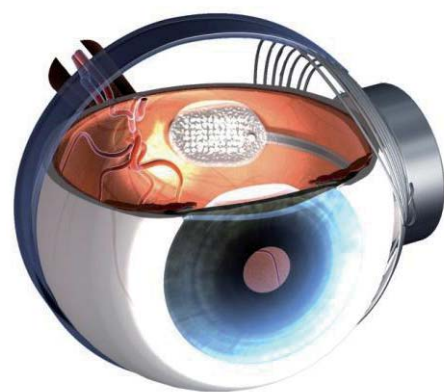
Problém straty zraku však nie je iba o úrazoch oka. K strate zraku často môže dôjsť aj pri rôznych ochoreniach očí alebo v dôsledku staroby. Niektoré ochorenia očí však lekári už dokážu úspešne liečiť.

Zvyšovaním priemerného veku ľudí sa čoraz častejšie stretávame so sivým zákalom. **Sivý zákal** je najčastejšou príčinou oslepnutia na svete. Ako už z názvu vyplýva, dochádza pri tejto chorobe k zákalamu

očnej šošovky. Skoro v 90 % prípadov sa tak deje v dôsledku starnutia tela (a súčasne aj očnej šošovky).

V minulosti bol človek postihnutý sivým zákalom odsúdený na postupné zhoršovanie sa zraku, až slepotu. Doteraz sa nenašli nijaké účinné prostriedky, ktoré by mohli vytvoreniu sivého zákalu zabrániť alebo ho aspoň spomaliť. Ani **súčasná medicína** toto ochorenie nedokáže ovplyvniť liekmi, napriek tomu však **vie** tento problém **úspešne riešiť**. Robí sa to **operačne**, výmenou vlastnej poškodenenej očnej šošovky za umelú (implantát). Obyčajne sa pri tom urobí aj korekcia dioptrií oka a pacient potom na bežné úkony nepotrebuje okuliare. (Jeden z autorov tohto článku (P. H.) má s tým nedávnu, veľmi dobrú osobnú skúsenosť – je po operácii sivého zákalu.)

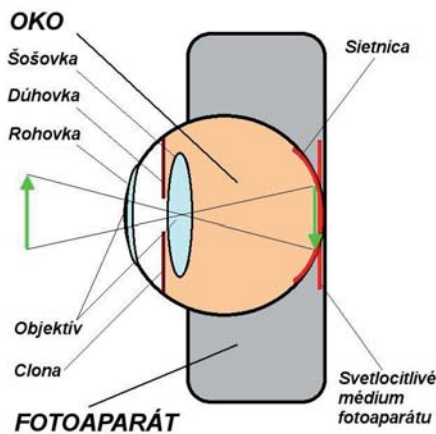
Horší prípad je, ak dôjde k postihnutiu sietnice alebo očného nervu. Vtedy sa mnohokrát zrak nedá zachrániť. Nádejou je **bionické oko**. Spoločnosť Second Sight Medical Products vyvinula umelú sietnicu (pole sensorov), ktorá po umiestnení do oka a napojení na zrakový nerv **umožňuje aspoň čiastočne vrátiť zrak** aj úplne slepým ľuďom. Rozlišovacia schopnosť takejto sietnice je zatiaľ malá. Ak však bude pokrok v tejto oblasti postupovať tak, ako pri digitálnych fotoaparátach (narastajúce megapixely), situácia sa môže v dohľadnej budúcnosti radikálne zmeniť.¹⁸



Obr. Bionické oko: <http://www.equark.sk/index.php?cl=article&iid=1256>

Oko - fotoaparát

Základné časti oka a princíp „videnia“ mohli poslúžiť ako **vzor pri navrhovaní fotoaparátov**, prípadne filmových kamier. **Šošovka** je základnou súčiastkou oka aj fotoaparátu. **Dúhovka** je predobrazom clony fotoaparátu. Pri starších fotoaparátach sa clona musela nastavovať manuálne (na rozdiel od „automatickej“ funkcie dúhovky oka) a dlho trvalo, kým boli vyvinuté automatické clony. V oku sa stranovo a výškovo prevrátený obraz premieta na sietnicu. Vo fotoaparáte sa premieta na fotocitlivú vrstvu (na kove, skle, filme, mikročipe...). **Zaostrovanie** obrazu v oku je zabezpečené zmenou vypuklosti (optickej mohutnosti) šošovky. Na fotoaparátach sa obraz zaostruje zmenou vzdialenosti šošovky (šošoviek) od fotocitlivej vrstvy. Nepodarilo sa nám v literatúre nájsť uspokojivý schematický obrázok znázorňujúci bionickú analógiu oka a fotoaparátu, preto vám ponúkame náš **originálny obrázok**.



Obr. Fotoaparát ako bionická analógia oka (autori Š. a P. Holakovskí)

Popis ďalších technických princípov súvisiacich (inšpirovaných) funkciami oka by bol iste veľmi zaujímavý (lupa, okuliare, kontaktné šošovky, mikroskopy, ďalekohľady, filmové techniky, televízne techniky, monitory, optické billboardy, optické klamy, „stereokukátka“, 3D techniky, holografia, „oči robotov“...). Značne by však presiahol zameranie a najmä rozsah tohto článku. K niektorým príkladom sa možno vrátíme v ďalších pokračovaniach o tvorivom myslení.

Literatúra a internetové zdroje

- CIRKL, J.: Zneuznaní Edisoni. Praha : Svoboda, 1979 (obrázky Kabát, V., Kopřiva, M.).
 GUTWIRTH, V.: Znásobené zmysly. Praha : Ústredné robotnícke nakladateľstvo, 1943.
 LEBEDEV, J. S.: Architektúra a bionika. Bratislava : Alfa, 1982.
<http://slovníkcudzichslov.eu/slovo/bionika>
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bionika>
<http://is.mendelu.cz/katalog/syllabus.pl?predmet=46364;zpet=.%2Fpracoviste-%2Fpredmety.pl%3Fid%3D24;lang=sk>
<http://web.tuke.sk/sjf-kbiaam/protetika.html>
<http://www.fbmi.cvut.cz/bionika>
<http://www.dbme.feec.vutbr.cz/ubmi/download/PRIR03old.pdf>
<http://www.akredkom.sk/isac/public/odbory/4/4.2/4.2.11.doc>
<http://vademecum-zdravi.cz/bionicka-proteza-vraci-zivot/>
http://www.lidovky.cz/bionicka-ruka-na-prodej-07w-/1n_veda.asp?c=A080611_090855_in_veda_fho
<http://www.ossur.cz/Bionika>
<http://sport.aktuality.sk/clanok/46516/beznohy-rebel-tuzi-po-olympijskych-hrach/>
<http://www.sme.sk/c/3409267/bezec-bez-noh-vylakal-atleticky-svet.html>
<http://www.originalpoweriser.co.uk/poweriser-gallery.php>
<http://www.zive.sk/spravy/vrcholnymdielom-bioniky-su-sedemmilove-cizmy/sc-30-a-262615/default.aspx>
http://houfy.webzdarma.cz/mainpage_soubory/vzpominame/berlichingen.htm
<http://plus7dni.pluska.sk/plus7dni/zdravie/pokrok-v-protetike.html>
<http://tvnoviny.sk/spravy/novinka-akovyzyera-hra-na-klavir-pomocou-specialnych-protez.html?ar=>
<http://edi.fmph.uniba.sk/~jaskova/IKTH/tema05/obrazky/ucho.jpg>
<http://www.equark.sk/index.php?cl=article&iid=1256>
<http://www.colormangement.sk/CM-kurz/Lekcia02.php>

THINK IT! – PART XV
 Body – Inspiration for Brain
 HOLAKOVSKÝ, P., HOLAKOVSKÝ, Š.
 Bionics (continuation). Current definitions of bionics. Skull – admirable work of nature. Bionic artificial hands and peg-legs. Ear – an inspiration for inventing phone. Bionic eye. Eye – the camera.

18 <http://www.equark.sk/index.php?cl=article&iid=1256>